



TITLE:

# NDH-光化学系I超複合体に介在する リンカータンパク質に関する研究( Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

大谷, 卓人

---

CITATION:

大谷, 卓人. NDH-光化学系I超複合体に介在するリンカータンパク質に関する研究. 京都大学, 2017, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20210>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

## 学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな) 氏 名	おおたに たくと 大谷 卓人
学位（専攻分野）	博 士 （ 理 学 ）
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学 位 授 与 の 日 付	平成 年 月 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 生物科学専攻
(学位論文題目)          NDH—光化学系I超複合体に介在するリンカータンパク質に関する研究	
論 文 調 査 委 員	(主査) 鹿内 利治 教授  長谷あきら 教授  小山 時隆 准教授

理 学 研 究 科

京都大学	博 士 ( 理 学 )	氏名	大谷 卓人
論文題目	NDH—光化学系I超複合体に介在するリンカータンパク質に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>葉緑体に存在するNADH dehydrogenase-like (NDH) 複合体は、ミトコンドリアで呼吸鎖電子伝達を触媒するNADH dehydrogenase (複合体 I) に類似するが、フェレドキシンから電子を受け取り、光合成の光化学系 I (PSI)サイクリック電子伝達を触媒する。シロイヌナズナなど被子植物では、葉緑体NDHは、PSI超複合体 (PSIコアと集光アンテナから成る) とNDH-PSI超複合体を形成する。PSI超複合体には、Lhca1からLhca4の4つの集光アンテナタンパク質 (LHCI) が結合し、光捕集とPSIコアへのエネルギー伝達を行っている。シロイヌナズナでは、この4つのタンパク質をコードする遺伝子に加えて、蓄積量の低いLhca5及びLhca6をコードする遺伝子が存在する。両マインナーLHCIは、NDH-PSI超複合体においてリンカータンパク質として機能し、NDHには、Lhca5とLhca6をそれぞれ介して、2コピーのPSI超複合体が結合することが分かっている。</p> <p>Lhca6は、陸上植物の進化の過程で、Lhca2から分岐している。本論文の第1章では、集光アンテナであったLhca2が、リンカー機能をもつLhca6に分子進化する過程に注目した。Lhca2とLhca6の一連のキメラタンパク質をコードする遺伝子をシロイヌナズナ<i>lhca6</i>変異株に導入し、Lhca6のリンカー機能をNDH活性とNDH-PSI超複体の蓄積により評価した。両LHCIタンパク質は、3つの膜貫通ドメインを有するが、2番目と3番目の膜貫通ドメインに挟まれるストロマループ領域が、Lhca6のリンカー機能に必要なかつ充分であることを明らかにしている。また、このストロマループ領域を主要LHCIであるLhca2のものに置換したLhca6を発現させると、このキメラタンパク質は、NDHとは結合できないが、PSI超複体に結合した状態で蓄積することを示した。この結果から、Lhca6のストロマループ領域が、NDHとの結合サイトを供給していることが明らかになった。</p> <p>PSI超複体では、Lhca1とLhca4が、そしてLhca2とLhca3が、それぞれヘテロダイマーを形成し、この順番でPSIコアに結合している。本論文の第2章では、NDH-PSI超複体におけるリンカータンパク質 (Lhca5及びLhca6) の位置の決定を行った。電子顕微鏡による一分子解析から、2コピーのPSI超複体は、いずれもLHCI側でNDHと結合している。そこに見えるLHCIは、NDHフリーのPSI超複体のように4つである。したがって、Lhca5及びLhca6は、Lhca1～Lhca4のどれかと置き換わって入っている可能性が高い。Lhca6はLhca2と相同性が高く、また、Lhca4を欠損する変異株では、そこにLhca5が入ることが知られている。そこで、Lhca5がLhca4と置き換わることで、片側の超複合結合部位を形成し、Lhca6がLhca2と置き換わることで、もう一方の結合部位を形成する作業仮説のもとで解析を行った。Lhca6を欠損する変異株は、片側のPSI超複体を欠損するが、残る一方のPSI超複体には、Lhca4が存在しなかった。この結果は、Lhca5がLhca4と置き換わっていることを支持している。一方、Lhca2の欠損は、ダイマーを形成するLhca3を不安定化するが、NDHとの超複体では、Lhca3が安定化していた。このことは、NDH-PSI超複体で、Lhca6がLhca2の位置に入ること、Lhca3を安定化していることを示唆している。いずれの結果も、作業仮説を支持している。</p>			

(続紙 2 )

本研究から、リンカータンパク質であるLhca5及びLhca6は、それぞれ主要LHCIであるLhca4とLhca2の位置に入ることによってNDHとのリンカーとして機能することが示唆された。さらに、Lhca6の場合には、ストロマループ領域が、NDHとの結合に重要であることが明らかになった。

(論文審査の結果の要旨)

サイクリック電子伝達に関わる葉緑体NDHは、2コピーのPSI超複合体とNDH-PSI超複合体を形成する。その際、リンカーとして機能するのが、Lhca5とLhca6の2つのマイナーLHCIである。大谷氏は、Lhca6が主要集光アンテナであるLhca2からの分子進化した過程(第1章)とNDH-PSI超複合体におけるリンカータンパク質の位置(第2章)について研究を行い、重要な発見をしている。

第1章では、Lhca6とLhca2の間で詳細なドメイン交換実験を行い、シロイヌナズナ*lhca6*変異株においてキメラタンパク質の機能を評価した。その結果、Lhca6のストロマループ領域が、リンカー機能に必要かつ充分であることを明らかにしている。この成果は、40アミノ酸に満たないストロマループ領域が、リンカー機能の獲得に本質的な貢献を果たし、NDH-PSI超複合体の形成という被子植物に見られる大きな進化をもたらしたことを明らかにした点で、国際的にも高い評価を受けている。さらに、大谷氏のこの発見は、植物が新しい機能を有する遺伝子をつくり上げる際に、すでにある遺伝子を使い、比較的小規模な改変でその目的を果たす戦略を浮き彫りにするものである。光合成機能の進化戦略を考える上でも重要な進歩である。

一方、第2章で大谷氏は、シロイヌナズナの各種LHCI変異株を駆使することで、リンカータンパク質Lhca5及びLhca6のNDH-PSI超複合体における位置を決めている。第1章で明らかにしたように、Lhca6は進化的にLhca2に由来するが、Lhca6は、Lhca2の位置に入ることによって、リンカータンパク質としての機能を果たしている。すなわち、Lhca6は、Lhca2の基本的な機能と構造を保持したまま、ストロマループ領域を改変することで、リンカーとしての機能を獲得したと考えられる。第1章の知見と合わせて、Lhca6の分子進化の理解に大きく貢献する重要な発見である。また、Lhca5については、主要LHCIの一つであるLhca4の位置に入れ替わって入っていることを示しており、これも重要な成果である。

以上のように大谷氏は、陸上植物で起こったNDH-PSI超複合体の形成という構造的に大きな変化を引き起こした進化の分子機構を明らかにしている。その成果は、光合成分野のみならず、呼吸鎖電子伝達複合体間の相互作用や分子進化のメカニズムの研究からも注目される重要なものである。なお、本研究の内容の一部は、植物科学の有力国際誌である、*Plant Cell Physiology*誌に掲載されることが決まっており、審査員からも高い評価を受けた。また研究成果の一部は、国際学会でも報告されており、高い評価を受けている。このように、大谷氏の行った研究の質は高く、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。平成29年1月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日：                      年                      月                      日以降